

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 316**

51 Int. Cl.:

**B60L 15/10**

(2006.01)

**B60M 3/02**

(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03290788 .3**

96 Fecha de presentación: **28.03.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1354752**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.10.2003**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la regulación de la potencia requerida por una locomotora de vehículo ferroviario**

30 Prioridad:  
**19.04.2002 FR 0204933**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**10.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**10.05.2012**

73 Titular/es:  
**ALSTOM TRANSPORT SA  
3, AVENUE ANDRÉ MALRAUX  
92300 LEVALLOIS-PERRET, FR**

72 Inventor/es:  
**Debard, Jean-Michel y  
Liu, Rong-Fan**

74 Agente/Representante:  
**Linage González, Rafael**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 380 316 T3

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la regulación de la potencia requerida por una locomotora de vehículo ferroviario

5 La invención se refiere a un procedimiento para la regulación de potencia de una locomotora de vehículo ferroviario alimentada por una catenaria con corriente continua y de manera más particular a un procedimiento que permite regular la potencia requerida por la locomotora en función de la potencia disponible en la catenaria. La invención se refiere también a un dispositivo para la aplicación de este procedimiento.

10 De manera habitual, la alimentación con corriente continua de una locomotora de vehículo ferroviario se realiza por medio de una catenaria, estando esta última alimentada por unas subestaciones repartidas a lo largo de la vía férrea. Estas subestaciones están dimensionadas para suministrar una determinada potencia y, cuando la potencia que absorbe la locomotora es superior a la potencia disponible en la catenaria, ya sea porque varios vehículos ferroviarios se encuentran al mismo tiempo en un tramo de vía alimentada por la misma subestación, ya sea porque  
15 la catenaria está mal alimentada a causa de obras o de una gran distancia entre subestaciones, se producen caídas de tensión a la altura de la subestación de alimentación que pueden conducir a su desajuste por sobrecarga o al desajuste de la locomotora por baja tensión.

Para poner remedio a este inconveniente, es conocido colocar a bordo de las locomotoras un selector manual de limitación de la potencia de la locomotora, debiendo el conductor colocar este último en una posición definida por el manual de conducción. Sin embargo, un sistema de este tipo se basa en unas condiciones nominales de funcionamiento y no permite la adaptación automática de la potencia requerida por la locomotora a las variaciones de las condiciones operativas. De este modo, un sistema de este tipo modera la potencia de la locomotora para tener en cuenta las condiciones operativas más desfavorables y no permite sacar provecho de las zonas mejor  
20 alimentadas, por ejemplo en correspondencia con las subestaciones, a la altura de las cuales la locomotora puede consumir una potencia mayor.

Otra solución conocida consiste en determinar la potencia máxima que puede consumir la locomotora a partir de la medición de la tensión de la catenaria. Esta solución es en general eficaz si la locomotora no está demasiado alejada de la subestación. Sin embargo, cuando la máquina está muy alejada de la subestación, la resistencia de la catenaria se vuelve importante y la tensión de línea depende entonces en gran medida de la corriente que circula por la catenaria y, por lo tanto, de la potencia que absorbe la locomotora. En un caso de este tipo, un ligero aumento del consumo implica una importante caída de tensión de la catenaria y, siendo la acción del algoritmo de limitación de potencia función de la tensión de la catenaria, la ganancia del sistema de regulación se vuelve cada vez más alta  
30 conduciendo a un sistema inestable de regulación de la potencia.

El objetivo de la presente invención es, por lo tanto, proponer un procedimiento y un dispositivo de regulación de la potencia de una locomotora de vehículo ferroviario que sea estable y que garantice un funcionamiento optimizado del vehículo ferroviario en función de la potencia disponible en la catenaria.

40 La invención tiene por objeto un procedimiento para la regulación de la potencia requerida por una locomotora de vehículo ferroviario, comprendiendo dicha locomotora medios colectores de corriente que cooperan con una catenaria a la que alimentan con corriente continua unas subestaciones de alimentación repartidas a lo largo de la vía férrea, que se caracteriza porque comprende las etapas de:

- 45 - medición de la tensión catenaria  $V_{cat}$  a la altura de la locomotora;
- medición de la corriente de la catenaria  $I_{cat}$  a la altura de la locomotora;
- 50 - evaluación de la tensión en vacío  $V_{cat_0}$  de la subestación que alimenta a la catenaria a la cual está conectada la locomotora;

- evaluación de la potencia máxima disponible en la catenaria a partir de la relación  $P_{max} = \frac{(V_{cat_0})^2}{4 * R}$  en la que

$R$  es la resistencia de la catenaria calculada por medio de la relación  $R = \frac{(V_{cat_0} - V_{cat})}{I_{cat}}$ ;

55 - limitación de la potencia requerida por la locomotora a una potencia límite  $P_{lim}$  inferior o igual a la potencia máxima  $P_{max}$  calculada.

60 De acuerdo con otra característica de la invención, la evaluación de la tensión en vacío  $V_{cat_0}$  de la subestación se obtiene corrigiendo el valor de la tensión teórica en vacío  $V_{cat_0}'$  de la subestación por medio de un regulador de tipo proporcional integral cuya entrada es la diferencia  $R' - R$ , donde  $R'$  es la resistencia dinámica de la catenaria.

De acuerdo con otra característica más de la invención, la potencia límite  $P_{lim}$  se calcula asignando un coeficiente reductor  $K$ , comprendido entre 0 y 1, a la potencia  $P_{max}$  calculada, teniendo en cuenta este coeficiente reductor  $K$  las limitaciones que imponen las infraestructuras.

5 La invención también se refiere a un dispositivo para la regulación de la potencia de una locomotora de vehículo ferroviario, comprendiendo dicha locomotora medios colectores de corriente que cooperan con una catenaria a la que alimentan con corriente continua unas subestaciones de alimentación repartidas a lo largo de la vía férrea, que se caracteriza porque comprende:

10 - medios (14) de medición de la tensión de catenaria  $V_{cat}$  a la altura de la locomotora;  
- medios (15) de medición de la corriente de la catenaria  $I_{cat}$  a la altura de la locomotora;  
- una etapa (21) de evaluación de la tensión de la subestación  $V_{cat_0}$  que alimenta a la catenaria a la que la locomotora está conectada;

15 - una etapa (20) de evaluación de la potencia máxima  $P_{max}$  disponible en la catenaria que comprende un módulo (6) para el cálculo de la resistencia equivalente  $R = \frac{(V_{cat_0} - V_{cat})}{I_{cat}}$  y de un módulo (10) para el cálculo de la

$$\text{potencia } P_{max} = \frac{(V_{cat_0})^2}{4 * R};$$

20 - medios que limitan la potencia requerida por la locomotora por encima de la potencia máxima  $P_{max}$  calculada.

De acuerdo con unos modos particulares de realización, el dispositivo de regulación de potencia de acuerdo con la invención puede comprender una o varias de las siguientes características de manera aislada o de acuerdo con  
25 todas las combinaciones técnicamente posibles:

- la etapa de evaluación de la tensión de la subestación  $V_{cat_0}$  comprende al menos una memoria que envía una señal  $V_{cat_0}'$  correspondiente a la tensión teórica en vacío de la subestación que alimenta a la locomotora, sirviendo la señal  $V_{cat_0}'$  como valor de base para la evaluación de la tensión de subestación  $V_{cat_0}$ ;

30 - la etapa de evaluación de la tensión de la subestación  $V_{cat_0}$  comprende, además, medios de elaboración de una señal de corrección que se introduce en la señal de la tensión teórica en vacío  $V_{cat_0}'$ , elaborándose la señal de corrección por medio de un regulador de tipo proporcional integral que recibe como entrada la diferencia  $R' - R$ , donde  $R'$  es la resistencia dinámica de la catenaria;

35 - la potencia máxima  $P_{max}$  se corrige mediante un coeficiente multiplicador  $K$  que se obtiene a partir de un módulo reductor que tiene en cuenta las limitaciones que impone la infraestructura;

40 - los medios de medición de la tensión catenaria  $V_{cat}$  y de la corriente de la catenaria  $I_{cat}$  son unos sensores que llevan los medios colectores de corriente.

Se entenderán mejor los objetivos, aspectos y ventajas de la presente invención, tras la descripción que se da a continuación de un modo de realización de la invención, que se presenta a título de ejemplo no limitativo, en referencia a los dibujos que se anexan, en los que:

45 - la figura 1 es un esquema sinóptico que muestra la estructura de un dispositivo para la regulación de potencia de acuerdo con la invención;

50 - la figura 2 es una representación esquemática de un circuito eléctrico de potencia de una subestación que alimenta a un vehículo ferroviario.

Para facilitar la interpretación del dibujo, solo se han representado los elementos necesarios para la comprensión de la invención.

55 La figura 1 representa la estructura general de un dispositivo para la regulación de la potencia de una locomotora de vehículo ferroviario de acuerdo con un modo particular de la invención.

De acuerdo con esta figura, el dispositivo comprende una etapa 20 de evaluación de la potencia máxima  $P_{max}$  disponible en la catenaria, funcionando esta etapa 20 en paralelo con un etapa 21 de evaluación de la tensión en vacío  $V_{cat_0}$  de la subestación que alimenta a la catenaria a la que está conectado el vehículo ferroviario.

60 La etapa 20 de evaluación de la potencia máxima comprende un módulo 6 para el cálculo de la resistencia de la

catenaria R y un módulo 10 para la evaluación de la potencia máxima Pmax disponible en la catenaria.

El módulo 6 recibe como entrada, por una parte, unas señales de medición de la tensión Vcat y de la corriente de la catenaria Icat enviadas respectivamente por unos sensores 14 y 15 dispuestos a la altura del pantógrafo de la locomotora y, por otra parte, el valor Vcat<sub>0</sub> obtenido en la etapa 21 de evaluación de la tensión en vacío de la subestación. De acuerdo con la figura 1, unos filtros de paso bajo 3 y 4 filtran las señales Vcat e Icat antes de que se envíen al módulo de cálculo 6.

A partir de las entradas Icat, Vcat y Vcat<sub>0</sub>, el módulo 6 realiza el cálculo de la resistencia de la catenaria por medio de la relación:

$$R = \frac{(Vcat_0 - Vcat)}{Icat}$$

Esta ecuación se puede deducir con facilidad de la figura 2, que representa un esquema eléctrico de potencia que ilustra la alimentación de la locomotora de vehículo ferroviario cuando esta última está conectada a una catenaria. En esta figura 2, la subestación de alimentación que alimenta a la catenaria está simbolizada por un generador que suministra la tensión Vcat<sub>0</sub> y la resistencia del tramo de catenaria que separa la subestación de la locomotora está simbolizada por una resistencia R.

La salida R del módulo 6 se suministra como entrada del módulo 10 que también recibe como entrada el valor Vcat<sub>0</sub> obtenido a la salida de la etapa 21 de evaluación de la tensión en vacío de la subestación. El módulo 10 calcula a partir de estos datos la potencia máxima disponible en la catenaria por medio de la relación:

$$Pmax = \frac{(Vcat_0)^2}{4 * R}$$

Esta relación se puede deducir de las siguientes ecuaciones que se han establecido en referencia a la figura 2:

$$Vcat = Vcat_0 - R \cdot Icat \text{ y } P = Vcat \cdot Icat$$

esto es

$$P = (Vcat_0 - R \cdot Icat) \cdot Icat$$

donde

$$\frac{\partial P}{\partial Icat} = Vcat_0 - 2 \cdot R \cdot Icat$$

y

$$\frac{\partial P}{\partial Icat} = 0 \Rightarrow Icat_{max} = \frac{Vcat_0}{2 * R} \Rightarrow Pmax = \frac{(Vcat_0)^2}{4 * R}$$

La salida del módulo 10 se envía a continuación como entrada de un circuito multiplicador 12 que también recibe el valor de un coeficiente reductor K (0 < K < 1) de un módulo 11 que permite tener en cuenta las limitaciones que imponen las infraestructuras. Este coeficiente K depende de la red por la que circula el vehículo y lo suministra una base de datos que contiene el módulo 11, siendo este coeficiente K función del valor de la resistencia R de la catenaria calculada por el módulo 6.

La salida del circuito multiplicador 12 suministra la potencia límite Plim correspondiente a la potencia máxima que puede requerir, en un instante dado, el conjunto de los equipos consumidores de electricidad del vehículo ferroviario sin riesgo de una caída de tensión en la catenaria. Este valor Plim se envía, por último, a medios, no representados, que limitan la potencia requerida por la locomotora con el fin de que no supere la Plim.

Se va a describir a continuación el funcionamiento de la etapa 21 de evaluación de la tensión en vacío Vcat<sub>0</sub> de la subestación en referencia a la figura 1.

La etapa 21 comprende un módulo 5 que permite calcular la resistencia dinámica R' de la catenaria. Este módulo 5 recibe como entrada las señales de medición de la tensión Vcat y de la corriente Icat suministradas por los sensores

14 y 15, estando filtradas estas señales por unos filtros 1 y 2 de tratamiento lento que permiten conservar únicamente las señales primitivas enviadas por los sensores de medición. El módulo 5 memoriza, en intervalos de tiempo  $\Delta t$ , los valores  $V_{cat}$  e  $I_{cat}$  y procede sucesivamente al cálculo de la resistencia dinámica  $R'$  por medio de la relación:

$$R' = \frac{\Delta V_{cat}}{\Delta I_{cat}} = \frac{V_{cat}(t + \Delta t) - V_{cat}(t)}{I_{cat}(t + \Delta t) - I_{cat}(t)}$$

Esta resistencia dinámica  $R'$  corresponde a la suma de la resistencia de la catenaria, la resistencia de la subestación y una resistencia ficticia correspondiente a la caída de tensión causada por el consumo de locomotoras conectadas a la misma subestación cuando varias locomotoras circulan por una misma línea.

El valor calculado  $R'$  se envía a continuación como entrada de un restador 9 que resta a este valor la resistencia  $R$  calculada, en la iteración anterior, por el módulo 6 de la etapa 20 descrita con anterioridad. La salida de este restador 9 se envía como entrada de un regulador 7 de tipo proporcional integral provisto de un valor de salida limitado. La señal de salida del regulador 7 proporciona una señal de corrección que se envía a un restador 13 de tal modo que la resta de una señal  $V_{cat_0}'$  correspondiente a la tensión teórica en vacío de alimentación de la subestación suministrada por una memoria 8. La salida del restador 13 corresponde a una señal corregida  $V_{cat_0}$  que se envía a los módulos 6 y 10 de la etapa 20 de evaluación de la potencia máxima disponible en la catenaria. Para iniciar el proceso de cálculo, el valor  $V_{cat_0}$  suministrado por la etapa 21 a la etapa 20 durante la primera iteración de cálculo es, de manera ventajosa, igual al valor teórico  $V_{cat_0}'$  de la tensión en vacío de la subestación.

Tal etapa de evaluación 21 presenta la ventaja de tener en cuenta las caídas de tensión de la subestación causadas al sobrepasarse la potencia requerida por la locomotora con respecto a la potencia realmente disponible en la catenaria.

El dispositivo de regulación que se realiza de este modo permite, tras el establecimiento de varias iteraciones de cálculo de las etapas 20 y 21, obtener en cada instante la potencia máxima disponible en la catenaria y de este modo obtener, teniendo en cuenta un coeficiente reductor correspondiente a las limitaciones que imponen las infraestructuras, la potencia límite  $Plim$  que puede requerir en cada instante un vehículo ferroviario que circula por la línea alimentada por la subestación.

En consecuencia, el dispositivo de regulación de acuerdo con la invención permite determinar la consigna de potencia máxima que no debe superar la locomotora del vehículo ferroviario y que se debe repartir entre todos los equipos consumidores de electricidad a bordo del vehículo ferroviario, como motores de tracción, calefacción del tren y equipos auxiliares.

Obviamente, la invención no se encuentra en absoluto limitada al modo de realización que se ha descrito e ilustrado, que únicamente se ha dado a título de ejemplo. Se pueden realizar modificaciones, en particular desde el punto de vista de la constitución de diversos elementos o mediante sustitución con equivalentes técnicos, sin salir por ello del ámbito de protección de la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la regulación de la potencia requerida por una locomotora de vehículo ferroviario, comprendiendo dicha locomotora medios colectores de corriente que cooperan con una catenaria a la que alimentan con corriente continua unas subestaciones de alimentación repartidas a lo largo de la vía férrea, que se caracteriza porque comprende las etapas de :
  - medición de la tensión de la catenaria  $V_{cat}$  a la altura de la locomotora;
  - medición de la corriente de la catenaria  $I_{cat}$  a la altura de la locomotora;
  - evaluación de la tensión en vacío  $V_{cat_0}$  de la subestación que alimenta a la catenaria a la cual está conectada la locomotora;
  - evaluación de la potencia máxima disponible en la catenaria a partir de la relación  $P_{max} = \frac{(V_{cat_0})^2}{4 * R}$  en la que  $R$  es la resistencia de la catenaria calculada por medio de la relación  $R = \frac{(V_{cat_0} - V_{cat})}{I_{cat}}$ ;
  - limitación de la potencia requerida por la locomotora a una potencia límite  $P_{lim}$  inferior o igual a la potencia máxima  $P_{max}$  calculada.
2. Procedimiento para la regulación de la potencia requerida por una locomotora de vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 1, que se caracteriza porque la evaluación de la tensión en vacío  $V_{cat_0}$  de la subestación se obtiene corrigiendo el valor de la tensión teórica en vacío  $V_{cat_0}'$  de dicha subestación por medio de un regulador (7) de tipo proporcional integral cuya entrada es la diferencia  $R' - R$ , donde  $R'$  es la resistencia dinámica de la catenaria.
3. Procedimiento para la regulación de la potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, que se caracteriza porque la potencia límite  $P_{lim}$  se calcula asignando un coeficiente reductor  $K$ , comprendido entre 0 y 1, a la potencia  $P_{max}$  calculada, teniendo en cuenta este coeficiente reductor  $K$  las limitaciones que imponen las infraestructuras.
4. Dispositivo para la regulación de la potencia de una locomotora de vehículo ferroviario, comprendiendo dicha locomotora medios colectores de corriente que cooperan con una catenaria a la que alimentan con corriente continua unas subestaciones de alimentación repartidas a lo largo de la vía férrea, que se caracteriza porque comprende:
  - medios (14) de medición de la tensión de la catenaria  $V_{cat}$  a la altura de la locomotora;
  - medios (15) de medición de la corriente de la catenaria  $I_{cat}$  a la altura de la locomotora;
  - una etapa (21) de evaluación de la tensión de la subestación  $V_{cat_0}$  que alimenta a la catenaria a la que la locomotora está conectada;
  - una etapa (20) de evaluación de la potencia máxima  $P_{max}$  disponible en la catenaria que comprende un módulo (6) para el cálculo de la resistencia equivalente  $R = \frac{(V_{cat_0} - V_{cat})}{I_{cat}}$  y un módulo (10) para el cálculo de la potencia  $P_{max} = \frac{(V_{cat_0})^2}{4 * R}$ ;
  - medios que limitan la potencia requerida por la locomotora por encima de la potencia máxima  $P_{max}$  calculada.
5. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4, que se caracteriza porque dicha etapa (21) de evaluación de la tensión de la subestación  $V_{cat_0}$  comprende al menos una memoria que envía una señal  $V_{cat_0}'$  correspondiente a la tensión teórica en vacío de la subestación que alimenta a la locomotora, sirviendo dicha señal  $V_{cat_0}'$  como valor de base para la evaluación de la tensión de la subestación  $V_{cat_0}$ .
6. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, que se caracteriza porque dicha etapa (21) de evaluación de la tensión de la subestación  $V_{cat_0}$  comprende, además, medios de elaboración de una señal de corrección que se introduce en la señal de la tensión teórica en vacío  $V_{cat_0}'$ , elaborándose dicha señal de corrección por medio de un regulador (7) de tipo proporcional integral que recibe como entrada la diferencia  $R' - R$ ,

donde  $R'$  es la resistencia dinámica de la catenaria.

5 7. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, que se caracteriza porque dicha potencia máxima  $P_{max}$  se corrige mediante un coeficiente multiplicador  $K$  obtenido a partir de un módulo reductor (11) que tiene en cuenta las limitaciones que impone la infraestructura.

8. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, que se caracteriza porque los medios (14, 15) de medición de la tensión de la catenaria  $V_{cat}$  y de la corriente de la catenaria  $I_{cat}$  son unos sensores que llevan los medios colectores de corriente.

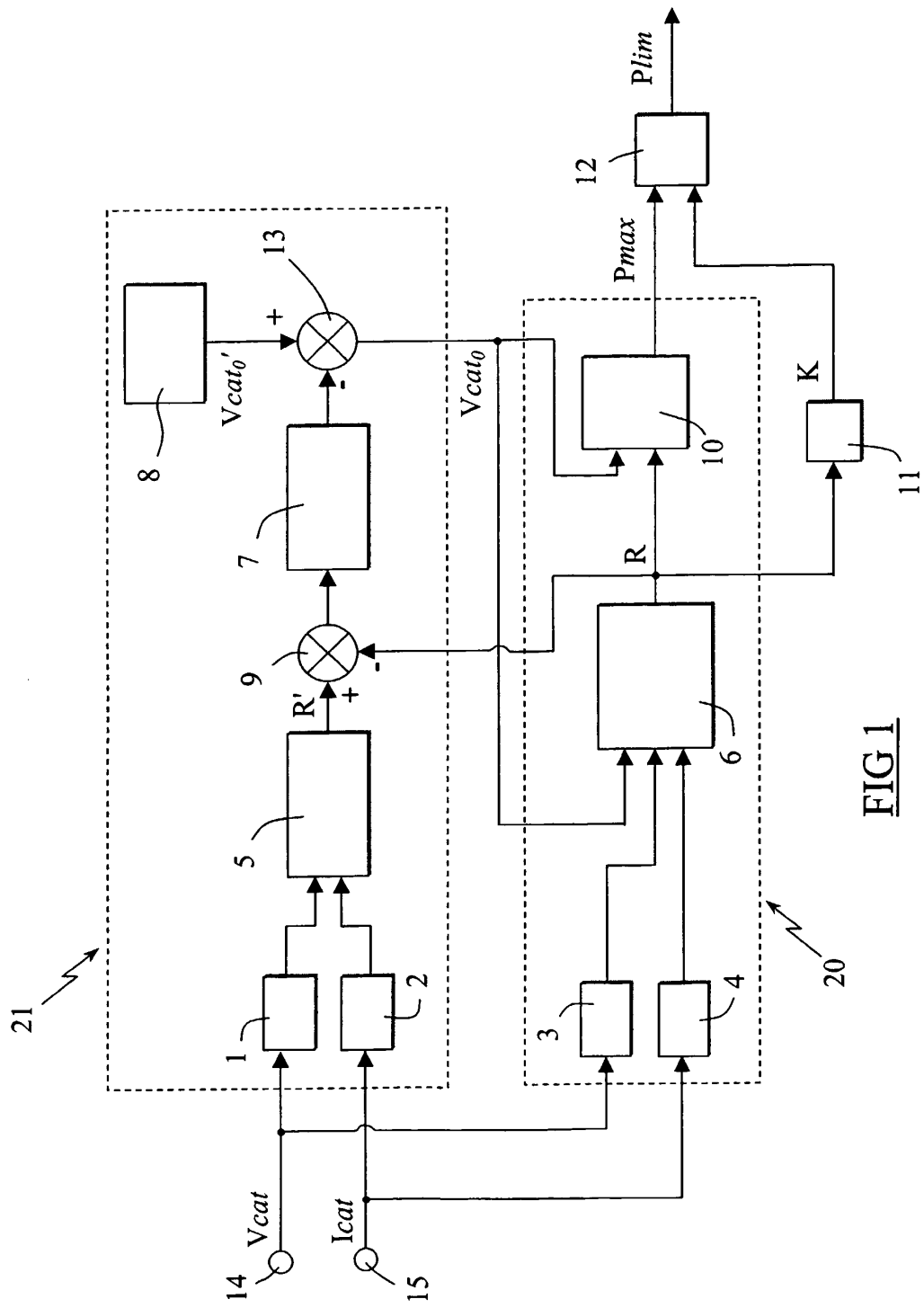


FIG 1



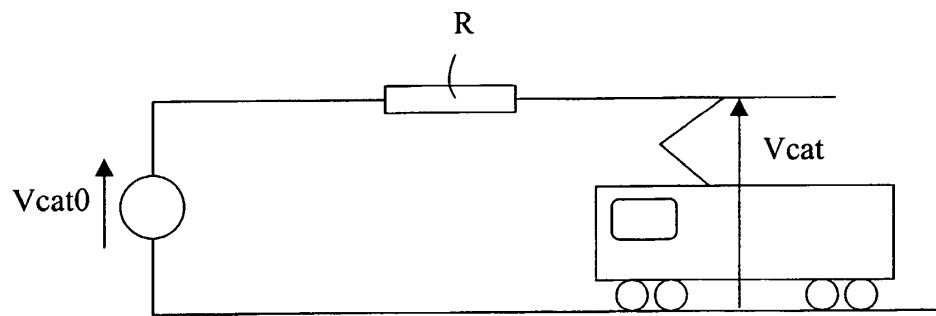


FIG 2